



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1187969 A

(51) 4 В 24 В 55/02

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 3700327/25-08  
(22) 09.12.83  
(46) 30.10.85. Бюл. № 40  
(71) Харьковский филиал Специального конструкторско-технологического бюро по рациональному применению режущего инструмента и Харьковский политехнический институт им. В.И.Ленина  
(72) А.И.Гребченко, Е.В.Островерх, В.Ф.Дрожин, В.Л.Доброскок, Д.Э.Белявский, Б.В.Образков и Г.К.Кладов  
(53) 621.922.029 (088.8)  
(56) Авторское свидетельство СССР № 891399, кл. В 24 В 55/02, 1980.  
(54) (57) СПОСОБ ПОДАЧИ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ (СОТС) В ЗОНУ РЕЗАНИЯ, при котором СОТС подают на шлифовальный круг, который предварительно охлаждают до температуры ниже температуры ее замерзания, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения надежности подачи, СОТС подают в виде аэрозоли, температуру которой выбирают по формуле

$$T = T_{\text{кон}} + \frac{\frac{3\alpha}{4C_v \rho d_k} (T_{\text{сп}} - T_{\text{кр}}) e^{-kx_0}}{k \cdot v_k \cos \beta - \frac{3\alpha}{4C_v \rho d_k}} \times \left( e^{k(x_0 - \frac{d_k}{2})} - e^{\frac{3\alpha(x_0 - \frac{d_k}{2})}{4C_v \rho d_k v_k \cos \beta}} \right),$$

- где  $T$  - температура аэрозоли в момент ее вылета из сопла;  
 $T_{\text{кон}}$  - температура капель жидкой составляющей аэрозоли в момент их контакта с поверхностью круга, выбранная в пределах от температуры ее замерзания до температуры допустимого переохлаждения жидкой составляющей аэрозоли;  
 $\alpha$  - коэффициент теплоотдачи жидкой составляющей аэрозоли;  
 $C_v$  - удельная теплоемкость жидкой составляющей аэрозоли;  
 $\rho$  - плотность жидкой составляющей аэрозоли;  
 $d_k$  - диаметр капель аэрозоли;  
 $T_{\text{сп}}$  - температура окружающей среды;  
 $T_{\text{кр}}$  - температура круга;  
 $v_k$  - скорость капель аэрозоли;  
 $\beta$  - угол между осью сопла и прямой, соединяющей центры круга и выходного сечения сопла;  
 $x_0$  - расстояние от выходного сечения сопла до поверхности круга в плоскости прямой, соединяющей центры круга и выходного сечения сопла;  
 $k$  - коэффициент, определяемый условиями теплообмена, теплофизическими свойствами и параметрами круга.

09 SU (11) 1187969 A

Изобретение относится к шлифованию с применением смазочно-охлаждающих технологических средств.

Целью изобретения является повышение надежности подачи СОТС в зону резания путем образования твердой смазки на поверхности охлажденного шлифовального круга за счет подачи ее в виде аэрозоли с расчетной температурой на выходе сопла.

На фиг. 1 показано устройство для осуществления предлагаемого способа, общий вид; на фиг. 2 - график изменения температуры окружающей среды в прилежащем к поверхности круга слое.

Устройство для осуществления предлагаемого способа содержит шлифовальный круг 1 для обработки детали 2, охлаждаемый, например, жидким азотом, подаваемым через сопло 3. Через сопло 4, расположенное от поверхности круга на расстоянии  $X_0$  в плоскости прямой, соединяющей центры круга и выходного сечения сопла, и повернутое относительно этой прямой на угол  $\beta$ , подают смазочно-охлаждающую технологическую среду в виде капель аэрозоли 5.

При шлифовании детали 2 круг 1 охлаждает до температуры ниже температуры замерзания жидкой составляющей аэрозоли. Охлажденный круг воздействует на температуру окружающей среды в прилежащем к его поверхности слое, причем эта температура изменяется по экспоненциальной зависимости и определяется на расстоянии  $X$  от поверхности круга уравнением

$$T_{cp(x)} = T_{cp} - (T_{cp} - T_{kp}) e^{-KX},$$

где  $T_{cp}(x)$  - температура среды на расстоянии  $X$  от поверхности круга в плоскости оси сопла, К;

$T_{cp}$  - температура окружающей среды вне прилежащего к поверхности круга слоя, К;

$T_{kp}$  - температура поверхности круга, К;

$K$  - коэффициент, зависящий от условий теплообмена, теплофизических свойств и параметров круга, определяемый экспериментально или из уравнения

$$K = 2 \sqrt{\frac{\alpha}{c_p R_{kp} \omega}};$$

где  $\alpha$  - коэффициент теплоотдачи круг-среда, Вт/м<sup>2</sup> К;

$c_p$  - объемная теплоемкость среды, Дж/м<sup>3</sup>К;

$R_{kp}$  - радиус круга, м;

$\omega$  - коэффициент температуропроводности среды (для воздуха  $\omega = 1,88 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с).

Для случая определения коэффициента теплоотдачи круг-воздух  $\alpha = 6,45 V_{kp}^{0,775}$ , где  $V_{kp}$  - скорость шлифовального круга, м/с.

Заменив изменяющуюся координату  $X$  через

$$X = X_0 - (V_k \cos \beta) \tau,$$

где  $X_0$  - расстояние от выходного сечения сопла до поверхности круга, в плоскости прямой, соединяющей центры круга и выходного сечения сопла;

$V_k$  - скорость капли, м/с;

$\beta$  - угол между осью сопла и прямой, соединяющей центры круга и выходного сечения сопла;

$\tau$  - время полета капли, с;

подставляем это значение в уравнение температуры среды, получаем

$$T_c = T_{cp(\infty)} - (T_{cp(\infty)} - T_{kp}) e^{-K[X_0 - (V_k \cos \beta) \tau]},$$

где  $T_c$  - температура среды в каждый момент ( $\tau$ ) полета капли, значения остальных величин совпадают с приведенными ранее.

При перемещении капли аэрозоли от выхода из сопла до поверхности круга ее температура изменяется, причем условия теплообмена капли и окружающей среды определяются законом Ньютона, т.е. количество тепла равно разности температур поверхности капли и температуры среды, умноженной на коэффициент теплоотдачи и площадь поверхности капли.

Отсюда

$$dT_k = \frac{3\alpha}{4c_p \rho_k} (T_k - T_c) d\tau,$$

где  $T_k$  - температура капли, К;

$T_c$  - температура среды в каждый момент полета капли, К;

$\alpha$  - коэффициенты теплоотдачи капли в окружающую среду, Дж/м<sup>2</sup> К;

$C_v$  - удельная теплоемкость капли, Дж/кг К;

$\rho$  - плотность капли, кг/м<sup>3</sup>;

$d_k$  - диаметр капли, м.

Подставив в это уравнение выведенное ранее значение  $T_c$ , получаем дифференциальное уравнение

$$dT_k = \frac{3\alpha}{4C_v \rho d_k} [T_k - T_{cp} - (T_{cp} - T_{kp}) \times e^{-k[x_0 - (v_k \cos \beta) \tau]}] d\tau$$

решение которого дает формулу

$$T = T_{kon} + \frac{\frac{3\alpha}{4C_v \rho d_k} (T_{cp} - T_{kp}) e^{-kx_0}}{kv_k \cos \beta - \frac{3\alpha}{4C_v \rho d_k}} \times e^{\left( k \left( x_0 - \frac{d_k}{2} \right) - \frac{3\alpha \left( x_0 - \frac{d_k}{2} \right)}{4C_v \rho d_k v_k \cos \beta} \right)},$$

где  $T$  - температура аэрозоли в момент ее выхода из сопла, К;

$T_{kon}$  - температура капель жидкой составляющей аэрозоли в момент их контакта с поверхностью круга, К;

$\alpha$  - коэффициент теплоотдачи жидкой составляющей аэрозоли в окружающую среду (для капель воды в воздухе  $\alpha = 35900$  Дж/м<sup>2</sup> К);

$C_v$  - удельная теплоемкость жидкой составляющей аэрозоли (для воды  $C_v = 4180$  Дж/кг К);

$\rho$  - плотность жидкой составляющей аэрозоли (для воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>);

$T_{cp}$  - температура среды, К;

$T_{kp}$  - температура круга, К;

$v_k$  - скорость капель аэрозоли, м/с;

$\beta$  - угол между осью сопла и прямой, соединяющей центры круга и выходного сечения сопла;

$x_0$  - расстояние от выхода сопла до поверхности круга в плоскости прямой, соединяющей центры круга и выходного сечения сопла;

$K$  - коэффициент, зависящий от условий теплообмена, теплофизических свойств и параметров круга, м<sup>-1</sup>.

Предлагаемый способ шлифования осуществляется при условиях, когда температура круга ниже температуры окружающей среды, а температура капель жидкой составляющей аэрозоли в момент контакта с кругом выбрана в пределах от температуры замерзания жидкой составляющей аэрозоли до температуры ее допустимого переохлаждения (например, для воды в пределах 273-269 К).

Подстановка этих значений температуры круга и температуры контакта в полученное уравнение позволяет определить температуру выхода аэрозоли из сопла, при котором технологическая охлаждающая среда подается на поверхность круга в виде инея. Капли подаваемой при такой температуре аэрозоли охлаждаются при полете от сопла к поверхности круга до температуры переохлажденной жидкости и при контакте с кругом, температура которого ниже температуры замерзания жидкой составляющей аэрозоли, образуются на этой поверхности кристаллики изморози, покрывающие рабочую поверхность круга слоем инея.

Если температура аэрозоли выше предлагаемой, ее капли не замерзают в момент контакта, и технологическая среда на поверхности круга в виде льда. При более низкой, чем предлагаемая температуре аэрозоли ее капли замерзают до момента контакта с поверхностью круга и образуют частицы града, отскакивающего от этой поверхности.

Пример. Возможность использования предлагаемого способа проверялась на экспериментальной установке.

В качестве шлифовального круга использовался алмазный круг АПП 250 × 25 × 5 × 75 АСВ 200/160 100%, имеющий предварительно сформированную прерывистую рабочую поверхность, состоящую из чередующихся выступов и впадин в продольном направлении (длина выступов 6 мм, длина впадин 4 мм). Глубина прерывистого продольного профиля составляла 0,5 мм; скорость круга  $v_{kp} = 30$  м/с; скорость вращения детали 8 м/мин.

Температура аэрозоли в момент ее вылета из сопла ( $T$ ) экспериментально определялась кабельной термопарой типа "Хромель-Алюмель" с диаметром головки горячего спая 0,03-0,05 мм.

Конструкция термопары представляла собой трубку диаметром 0,2 мм, изготовленную из нержавеющей стали, в торец которой изнутри приварена головка термопары, а в пространство между станками и проводами засыпан порошкообразный изоляционный материал.

Измерительная часть термопары устанавливалась на выходе из сопла по его оси.

Градировка термопары осуществлялась по эталонной платино-платинородиевой термопаре в трубчатой печи для интервала температур 10-50°C. "Холодные" концы термостатировались при 0°C в сосуде Дюара со льдом. Регистрация температуры производилась потенциометром постоянного тока ПП-63 по общепринятой методике.

Диаметр капли аэрозоли ( $d_k$ ) определялся методом измерения размеров капель с помощью микроскопа ММР 4 на образцах, получаемых при кратковременном введении металлической пластины в струю аэрозоли. Расстояние от выхода сопла до места взятия образцов капель соответствовало расстоянию до поверхности круга ( $X_0$ ). Предварительно металлическая пластинка охлаждалась до температуры круга ( $T_{кр}$ ).

Температура окружающей среды ( $T_{ср}$ ) определялась при помощи набора ртутных термометров ТР 1.

Температура поверхности круга ( $T_{кр}$ ) определялась с помощью искусственной медь-константановой термопары, зачеканенной вблизи поверхности круга. Определение температуры  $T_{кр}$  осуществлялось потенциометром ПП-63 по известной методике. Тарировка термопары производилась по эталонной термопаре. Эталонная и измерительная термопары зачеканивались в образцы из аналогичного алмазосодержащего материала и охлаждались в сосуде Дюара. В процессе тарировки охлаждение осуществлялось в среде жидкого азота, "сухого" льда и льда.

Скорость капель аэрозоли ( $V_k$ ) измерялась с помощью дифференциальной трубки Пито (полусферическая головка наконечника диаметром 1 мм). При измерении полное давление потока передается через отверстие на лобовом конце наконечника трубки, статическое - через узкую прорезистую щель на поверхности стенки. По каналам в теле цилиндрического наконечника и в державке трубки давления передаются к микроманометру, измеряющему динамическую составляющую полного давления ( $P_n - P_c$ ). Скорость капель определялась по формуле

$$V_k = \xi \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_n - P_c)};$$

где  $\xi$  - поправочный коэффициент ( $\xi = 0,89$ );  
 $\rho$  - плотность жидкой составляющей аэрозоли;  
 $P_n$  - полное давление потока аэрозоли;  
 $P_c$  - статическое давление потока аэрозоли.

Скорость капель аэрозоли регулировалась путем изменения давления воздуха на входе сопла для распыления аэрозоли и в процессе работы соответствовала 5-25 м/с.

Коэффициент  $K$ , зависящий от условий теплообмена, теплофизических свойств и параметров круга, определялся экспериментально путем измерения температуры на различных расстояниях от поверхности круга.

Измерение температуры производилось медь-константановой термопарой (диаметр головки 0,05 мм), перемещавшейся микрометрическим устройством с точностью 0,01 мм. Температура измерялась в 10 точках по нормали к поверхности круга с шагом 0,5 мм. Полученные данные математически обрабатывались методом наименьших квадратов, где коэффициентом в уравнении корреляции являлся  $K$ . Для условий проведения испытаний значение  $K$  составляло 338 м<sup>-1</sup>.

В процессе работы охлаждение круга осуществлялось подачей паров кипящего азота с температурой 77 К по трубопроводу из резервуара через специальное сопло. Регулирование количества подаваемых паров азота к кругу, определяющее интенсивность

его охлаждения, осуществлялось управлением избыточным давлением паров кипящего азота при помощи опущенного в резервуар с азотом регулируемого нагревателя.

Первоначально осуществлялось охлаждение корпуса круга до температуры 210–230 К.

В дальнейшем поддержание требуемой температуры круга с учетом тепловыделения в зоне шлифования и теплоотдачи в окружающую среду осуществлялось подачей паров кипящего азота с производительностью 0,1–0,3 л/с.

Определение возможностей предлагаемого способа осуществлялось с использованием в качестве аэрозоли капель воды. Значения величин, постоянных в процессе эксперимента, приведены в табл. 1.

При определении возможностей способа производилось изменение значений факторов, влияющих на процесс кристаллизации аэрозоли с фиксацией ее состояния на поверхности круга.

Дополнительно определялась расчетная температура на выходе из сопла. Значения факторов расчетной температуры на выходе из сопла и характеристика состояния отвердевшей аэрозоли на поверхности круга приведены в табл. 2. Анализ результатов экспериментов свидетельствует о том, что отличие температуры аэрозоли на выходе из сопла от расчетной приводит либо к образованию на поверхности круга вместо инея ледяной корки, либо

к отскакиванию преждевременно замерзших капель аэрозоли от поверхности круга.

- 5 Предлагаемый способ может быть использован при шлифовании прерывистыми абразивными кругами. Кристаллики изморози покрывают поверхность как выступов, так и впадин прерывистых
- 10 кругов, однако они не создают такой плотной субстанции как монолитный лед, что исключает возникновение биений и вибраций. В зоне контакта выступов круга с обрабатываемой деталью иней частично тает, а частично ссыпается с поверхности выступов, не препятствуя процессу шлифования. Таяние изморози в зоне шлифования обеспечивает жидкую смазку, а также эффективное снижение теплопроводности процесса шлифования. Снижение теплонапряженности прерывистого шлифования обеспечивается также накоплением инея во впадинах рабочей поверхности круга и его таянием в этих впадинах.

25 Предлагаемый способ может быть использован при шлифовании мелкозернистыми кругами, так как кристаллы изморози не препятствуют процессу шлифования и не создают сплошной корки.

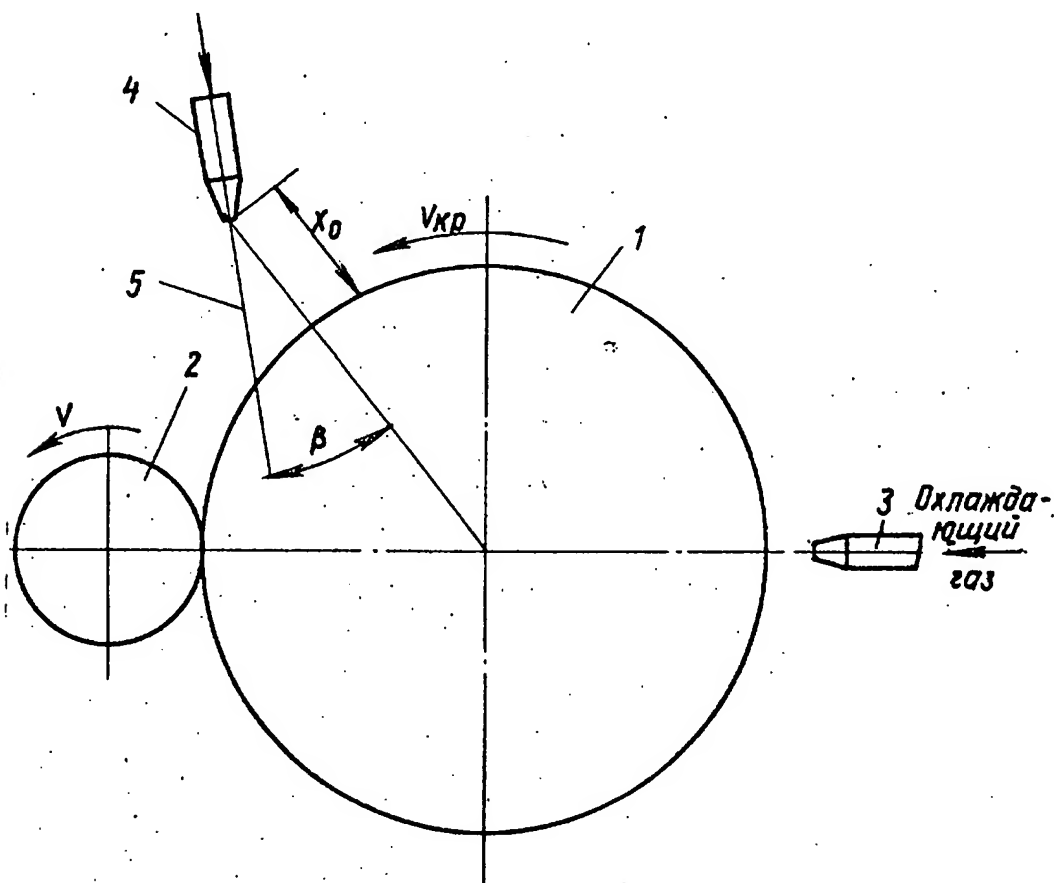
- 30 Осаждение технологической охлаждаемой среды на шлифовальный круг в виде инея обеспечивает поддержание комфортной экологической обстановки при шлифовании, исключая разбрызгивание смазки, неизбежное при подаче жидкой СОЖ, и разлет скалываемых с круга осколков льда, возникающих при намораживании на круг монолитного льда.

Т а б л и ц а 1

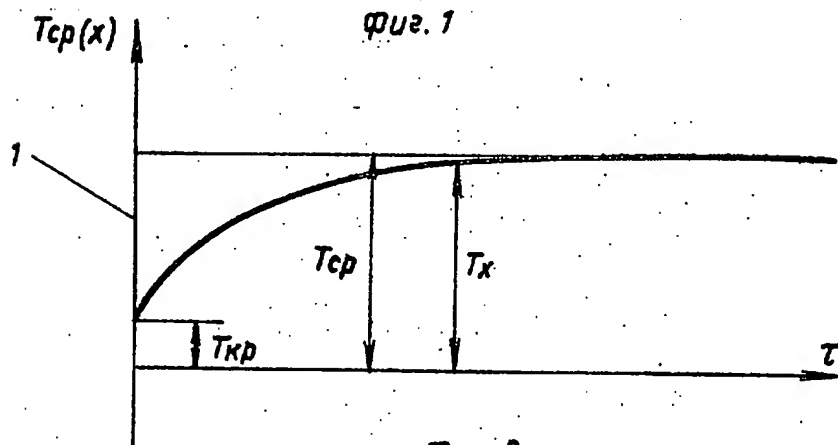
Наименование коэффициента	Обозначение	Равномерность	Значение
Коэффициент теплоотдачи "аэрозоль-воздух"	$\alpha$	Вт/м <sup>2</sup> К	35900
Коэффициент удельной теплоемкости капель воды	$C_v$	Дж/кг К	4180
Плотность капель воды	$\rho$	кг/м <sup>3</sup>	920
Коэффициент, учитывающий условия теплообмена, теплофизические свойства и геометрические параметры круга	$K$	м <sup>-1</sup>	338
Требуемая температура капель аэрозоли	$T_k$	К	269–273

Т а б л и ц а 2

Расстояние сопла до поверхности круга $X_0$ , м	Диаметр капли $d_k$ , м $\cdot 10^{-6}$	Температура окружающей среды, $T_{cp}$ , К	Температура круга, $T_{кр}$ , К	Скорость капли, $V_k$ , м/с	Угол наклона сопла к по- верхности круга $\beta$ , град	Температура аэрозоля на выходе из сопла $T, K$		Характеристика осажденной на круг аэрозоли
						Фактическая	Расчетная	
0,04	15	295	233	10	15	294	283-279	Ледяная корка
0,02	10	295	233	10	15	294	290-286	Ледяная корка
0,035	20	295	223	5	0	290	292-288	Иней
0,02	5	295	223	25	45	292	295-291	Иней
0,04	5	295	243	20	45	293	294-290	Иней
0,05	10	295	243	20	0	294	279-275	Ледяная корка
0,05	5	295	253	10	0	293	298-302	Отсутствие замерз- шей аэрозоли
0,05	5	295	223	15	0	294	300-276	Отсутствие замерз- шей аэрозоли
0,04	20	295	223	10	0	295	280-276	Ледяная корка
0,03	15	295	223	5	30	297	307-303	Отсутствие замерз- шей аэрозоли
0,03	15	295	233	10	0	295	223-276	Ледяная корка
0,03	10	295	233	10	45	296	298-294	Иней
0,02	20	295	233	10	0	292	280-276	Ледяная корка



фиг. 1



фиг. 2

Редактор Н. Швыдкая      Составитель Р. Курмаева  
 Техред А. Кикемезей      Корректор А. Зимоков

Заказ 6636/12

Тираж 768

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
 по делам изобретений и открытий  
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images  
problems checked, please do not report the  
problems to the IFW Image Problem Mailbox**